

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-064337

(43)Date of publication of application : 07.03.1997

(51)Int.Cl. H01L 29/43  
H01L 21/28  
H01L 21/28  
H01L 33/00

(21)Application number : 08-160886

(71)Applicant : TOYODA GOSEI CO LTD  
TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB INC

(22)Date of filing : 31.05.1996

(72)Inventor : SHIBATA NAOKI  
UMEZAKI JUNICHI  
ASAI MAKOTO  
KAMIMURA TOSHIYA  
OZAWA TAKAHIRO  
MORI TOMOHIKO  
OWAKI TAKESHI

(30)Priority

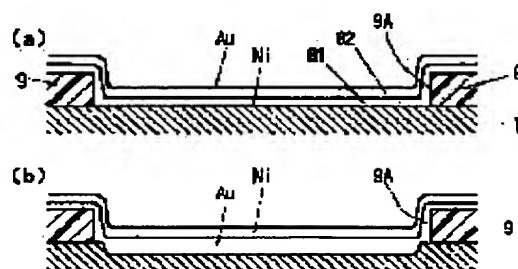
Priority number : 07174076    Priority date : 16.06.1995    Priority country : JP

(54) ELECTRODE OF P-TYPE GROUP III NITRIDE SEMICONDUCTOR, FORMING METHOD OF ELECTRODE, AND ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To constitute the element distribution in the depth direction from the surface as population inversion, by constituting the constituent elements of a first metal layer as elements whose ionization potential is lower than the constituent elements of a second metal layer, constituting the constituent elements of the second metal layer as elements whose ohmic property is more excellent than the constituent elements of the first metal layer, and performing heat treatment after the layers are laminated.

SOLUTION: A first metal layer 81 is formed by forming an Ni film of 10-200 $\mu\text{m}$  in thickness on a P+ layer. A second metal layer 82 is formed by forming an Au film of 20-500 $\mu\text{m}$  in thickness on the first metal layer 81. After the Ni film and the Au film are laminated, heat treatment is performed. Au in the second metal layer 82 on the first metal layer of Ni is diffused in the P+ layer 7 through the first metal layer 81, and forms the state of alloy with GaN of the P+ layer 7. That is, the distribution of Au and Ni in the depth direction is changed before and after the heat treatment. During the heat treatment, elements in the first metal layer travel the vicinity of the surface. As the reaction, elements of the second metal layer are alloyed with group III nitride semiconductor, and permeate into the semiconductor. Thereby population inversion is realized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

25.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-64337

(43) 公開日 平成9年(1997)3月7日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 29/43			H 0 1 L 29/46	H
21/28			21/28	B
	3 0 1			3 0 1 R
33/00			33/00	E
				C
審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全 5 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-160886

(22) 出願日 平成8年(1996)5月31日

(31) 優先権主張番号 特願平7-174076

(32) 優先日 平7(1995)6月16日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字機道41番地の1

(72) 発明者 柴田 直樹

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

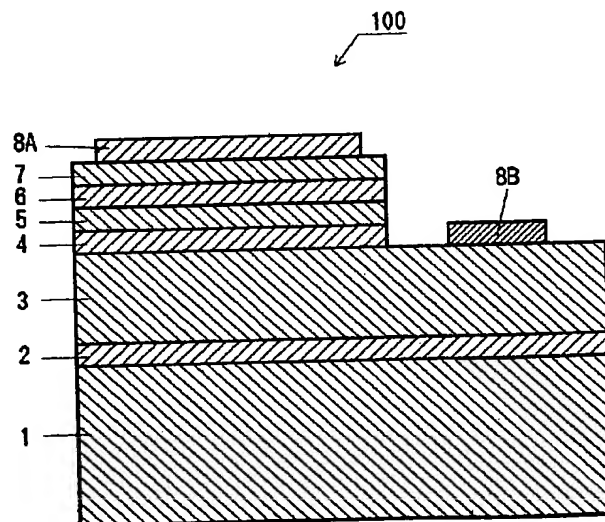
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 p伝導形3族窒化物半導体の電極及び電極形成方法及び素子

(57) 【要約】

【目的】 p伝導形3族窒化物半導体に対する電極において、オーミック性の改善、低抵抗化、接合強度の向上を図る。

【構成】 p<sup>+</sup>層7の表面上に、ニッケル(Ni)層、その上に金(Au)層を形成して、熱処理によって、深さ方向の元素の分布を反転させて、表面側からニッケル(Ni)、金(Au)の順に元素が存在するように構成させることで、電極はより低抵抗で且つオーミック性が向上し、しかも、接合強度の高いものとなった。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 p 伝導形 3 族窒化物から成る半導体の電極において、

前記半導体の表面上に積層して形成された少なくとも第 1 金属層と第 2 金属層とを有し、

前記第 1 金属層の構成元素は前記第 2 金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であり、

前記第 2 金属層の構成元素は前記半導体に対するオーミック性が前記第 1 金属層の構成元素よりも良好な元素であり、

熱処理により、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布は、前記第 2 金属層の構成元素の方が前記第 1 金属層の構成元素よりも深く浸透した分布であることを特徴とする p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極。

【請求項 2】 前記第 1 金属層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素であり、前記第 2 金属層の構成元素は、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)のうち少なくとも 1 種の元素であることを特徴とする請求項 1 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極。

【請求項 3】 前記第 1 金属層の構成元素は、Ni であり、前記第 2 金属層の構成元素は Au であり、熱処理により、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布は、Ni よりも Au が深く浸透した分布であることを特徴とする請求項 1 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極。

【請求項 4】 前記熱処理は、400℃～700℃で行われることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極。

【請求項 5】 3 族窒化物半導体から成る素子層を有し、請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の電極を有する 3 族窒化物半導体素子。

【請求項 6】 前記 3 族窒化物半導体素子は発光ダイオード、レーザダイオード、又は、トランジスタ等の素子であることを特徴とする請求項 5 に記載の 3 族窒化物半導体素子。

【請求項 7】 p 伝導形 3 族窒化物から成る半導体の電極形成方法において、

第 1 金属層の構成元素は第 2 金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とし、第 2 金属層の構成元素は前記半導体に対するオーミック性が第 1 金属層の構成元素よりも良好な元素として、

前記半導体の表面上に、順次、第 1 金属層と第 2 金属層とを積層させ、

前記半導体の表面から深さ方向の元素分布において、前記第 2 金属層の構成元素の方を前記第 1 金属層の構成元素よりも深く浸透した分布とする熱処理を施すことを特徴とする p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 8】 前記第 1 金属層の構成元素は、Ni、Fe、C

2

u、Cr、Ta、V、Mn、Al、Ag のうちの一種の元素であり、前記第 2 金属層の構成元素は、Pd、Au、Ir、Pt のうちの一種の元素であることを特徴とする請求項 7 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 9】 前記第 1 金属層の構成元素は、Ni であり、前記第 2 金属層の構成元素は Au であり、熱処理により、前記半導体の表面から深さ方向の元素分布を、Ni よりも Au が深く浸透した分布とすることを特徴とする請求項 7 に記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極形成方法。

【請求項 10】 前記熱処理は、400℃～700℃で行われることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 9 のいずれかに記載の p 伝導形 3 族窒化物半導体の電極形成方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、p 伝導形 3 族窒化物半導体に対する電極、その電極を有した 3 族窒化物半導体素子、及びその電極形成方法に関する。特に、p 伝導形 3 族窒化物半導体に対する電極の接合強度とオーミック性と接触抵抗を改善したものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、p 伝導形 GaN (p-GaN) の電極として、金(Au)を GaN 層表面に蒸着したものが知られている。しかし、この金(Au)を GaN 層表面に直接蒸着する場合には、接合性が悪く、GaN 層に対して合金化処理すると、金電極が剥離するという問題がある。

【発明が解決しようとする課題】そこで、金(Au)と GaN 層表面との間にニッケル(Ni)を介在させて、金(Au)の GaN 層に対する密着性を向上させることが行われている。しかし、この場合においても、オーミック性が良くなく又電極の接触抵抗も大きいという問題がある。

【0003】従って本発明の目的は、p 伝導形 3 族窒化物半導体に対する電極において、よりオーミック性を改善し、接触抵抗を小さくすることである。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため本発明は、p 伝導形 3 族窒化物から成る半導体の表面上に積層して形成された少なくとも第 1 金属層と第 2 金属層とを有し、第 1 金属層の構成元素は第 2 金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とし、第 2 金属層の構成元素は半導体に対するオーミック性が第 1 金属層の構成元素よりも良好な元素とした。そして、積層後の熱処理により、半導体の表面から深さ方向の元素分布が、第 2 金属層の構成元素の方が第 1 金属層の構成元素よりも深く浸透した分布となるように構成されている。

【0005】本発明は、上記のように、電極の元素分布が金属層の形成時の分布に対して反転していることを特徴としている。即ち、電極の形成後には、上側に形成した第 2 金属層の構成元素の方が下側になり、下側に形成

10

20

30

50

3

した第1金属層の構成元素の方が上側に存在することが特徴である。

【0006】望ましくは、第1金属層の構成元素は、Ni, Fe, Cu, Cr, Ta, V, Mn, Al, Ag のうち少なくとも一種の元素、第2金属層の構成元素は、Pd, Au, Ir, Pt のうち少なくとも一種の元素で構成できる。さらに、望ましくは、第1金属層の構成元素は、Niであり、第2金属層の構成元素はAuである。この場合には、熱処理により、本発明の電極は、半導体の表面から深さ方向の元素分布は、NiよりもAuが深く浸透した分布となっている。上記の熱処理の望ましい温度は、400℃～700℃である。

【0007】又、本発明の他の特徴は、上記構造の電極を有した3族窒化物半導体素子であり、その素子は、望ましくは、発光ダイオード、レーザダイオード、又は、トランジスタ等の素子である。

【0008】本発明の他の特徴は、p伝導形3族窒化物から成る半導体の電極形成方法である。即ち、第1金属層の構成元素は第2金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素とし、第2金属層の構成元素は前記半導体に対するオーミック性が第1金属層の構成元素よりも良好な元素とする。そして、まず、半導体の表面上に、順次、第1金属層と第2金属層とを積層させる。次に、半導体の表面から深さ方向の元素分布において、第2金属層の構成元素の方を第1金属層の構成元素よりも深く浸透した分布とする熱処理を施す。本発明は、このような方法によりp伝導形3族窒化物半導体に対する電極を形成することを特徴とする。

【0009】

【作用及び発明の効果】第1金属層の構成元素が第2金属層の構成元素よりもイオン化ポテンシャルが低い元素であるため、p伝導形3族窒化物半導体に対する接合度が高い。さらに、p伝導形3族窒化物半導体に対してオーミック性の良い金属は仕事関数が大きい元素である。この仕事関数が大きい元素はイオン化ポテンシャルが高い。このような元素で構成される第2金属層が第1金属層の上に形成される。次に、熱処理により、下層にある第1金属層の元素が表面に出てくる。即ち、第2金属層の構成元素がp伝導形3族窒化物半導体により深く浸透し、下層の第1金属層の構成元素の方が第2金属層の構成元素よりもより多く表面近くに分布する。このような構成元素の反転分布により、金属電極の接合性とオーミック性とを著しく向上させることができた。

【0010】本発明者らは、金属層の積層時と熱処理後とで、構成元素の分布が反転する理由を検討した。その結果、下層によりイオン化ポテンシャルの低い元素の金属層を形成し、その上にオーミック性が良好な元素を積層し、低真空度で所定温度範囲で熱処理をすれば良いという結論に至った。オーミック性の良好な第2金属層の構成元素が第1金属層の構成元素よりもp伝導形3族窒化物半導体により深く浸透する結果、オーミック性が極

4

めて改善された。さらに、第1金属層はイオン化ポテンシャルが低い金属で構成しているため、p伝導形3族窒化物半導体との接合性が強く、オーミック性の良い金属電極を強固に形成することができた。

【0011】例えば、第1金属層にニッケル(Ni)、第2金属層に金(Au)を用いた場合には、p伝導形3族窒化物半導体の表面から深さ方向における元素分布が、ニッケル(Ni)よりも金(Au)が深く浸透した分布であるため、オーミック性が良好になり、ニッケル(Ni)による3族窒化物半導体に対する接合強度により、電極層が強固に形成される。

【0012】このような電極を有する3族窒化物半導体素子は、印加電圧の低下、信頼性の向上、接触抵抗の低下等、素子特性が優れたものとなる。発光ダイオード、レーザダイオードでは、発光効率が向上する。

【0013】

【実施例】以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1はサファイア基板1の上に形成された3族窒化物半導体で形成された発光素子100の模式的な構成断面図である。サファイア基板1の上にAlNバッファ層2が設けられ、その上にSiドープn形GaN層3(n'層)が形成されている。このn'層3の上に0.5μmのアンダーのn伝導形のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層4(n層)が形成され、n層4の上にマグネシウムドープの厚さ0.4μmのGaN層5(活性層)が形成され、その活性層5の上にマグネシウムドープのp伝導形のAl<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>N層6(p層)が形成されている。そのp層6の上に、高濃度マグネシウムドープのp伝導形のGaN層7(p'層)が形成されている。p'層7の上には金属蒸着による電極8Aが、n'層3の上に電極8Bが形成されている。電極8Aは、p'層7に接合するニッケルと、ニッケルに接合する金とで構成されている。電極8Bはアルミニウムで構成されている。

【0014】次に、この発光素子100の電極8Aの製造方法について説明する。MOCVD法により、バッファ層2からp'層7までを形成する。そして、p'層7の上にTiを2000Åの厚さに形成し、そのTi層の上にNiを9000Åの厚さに形成した。そして、そのNi層の上にフォトレジストを一様に塗布して、フォトリソグラフィにより電極8Bを形成する部分のフォトレジストを除去した。その後、残ったフォトレジストをマスクとして、フォトレジストで覆われていないTi層とNi層とを酸性エッチング液にてエッチングした。その後、残ったTi層とNi層とをマスクとして、Ti層とNi層とにより覆われていない部分のp'層7、p層6、活性層5、n層4を塩素を含むガスによる反応性イオンエッチングによりエッチングして、n'層3の表面を露出させた。その後、Ti層とNi層とを酸性エッチング液にて除去した。次に、以下の手順で電極8Aを形成した。

【0015】(1)表面上にフォトレジスト9を一様に塗

10

20

30

40

50

5

布して、フォトリソグラフィにより、p' 層7の上の電極形成部分のフォトレジスト9を除去して、窓部9Aを形成する。

(2) 蒸着装置にて、露出させたp' 層7の上に、 $10^{-7}$  Torr程度の高真空中にてニッケル(Ni)を10~200 Å成膜させて、図2(a)に示すように、第1金属層81を形成する。

(3) 続いて、第1金属層81の上に金(Au)を20~500 Å成膜させて、図2(a)に示すように、第2金属層82を形成する。

(4) 次に、試料を蒸着装置から取り出し、リフトオフ法により、フォトレジスト9上に堆積したNiとAuとを除去して、p' 層7に対する電極8Aを整形する。

(5) 電極8A上の一部に電極パッドを形成する場合に、フォトレジストを一様に塗布して、その電極パッドの形成部分のフォトレジストに窓を開ける。次に、金(Au)またはアルミ(Al)を含む合金を1.2 μm程度、蒸着により成膜させる。(4)の工程と同様に、リフトオフ法により、フォトレジスト上に堆積したAu又はAlとを除去して、電極パッドを整形する。

(6) その後、試料雰囲気圧を1m Torr以下にまで排気し、その後大気圧までN<sub>2</sub>で封入して、その状態で雰囲気温度を400℃以上700℃以下にして、数秒~10分程度、加熱させる。但し、この加熱処理は以下の条件で行うことが可能である。雰囲気ガスはN<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He, O<sub>2</sub>, Ne, Ar, Krのうちの1種以上を含むガスが利用可能であり、圧力は1m Torrから大気圧を越える圧力の範囲で任意である。さらに、雰囲気ガスにおけるN<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, He, O<sub>2</sub>, Ne, Ar, 又はKrガスの分圧は0.01~100%であり、この雰囲気ガスで封入した状態又はこの雰囲気ガスを還流させた状態で加熱しても良い。

【0016】ニッケル(Ni)、金(Au)の積層後に上記の加熱処理をした結果、ニッケル(Ni)の第1金属層81の上の第2金属層82の金(Au)が、第1金属層81を通してp' 層7の中に拡散され、p' 層7のGa<sub>0.5</sub>N<sub>1.5</sub>と合金状態を形成する。図2(b)に加熱処理後の様子を模式的に示す(パッド電極は図示されていない。)。即ち、加熱処理前後において、AuとNiの深さ方向の分布が反転する。

【0017】加熱処理が実施された後のp' 層7の表面付近の元素分布をオージェ電子分光分析(AES)で調べた。その結果を図3に示す。p' 層7の表面付近(表面から約3nmまで)はニッケルの濃度が金濃度よりも高い。表面から約3nm以上に深いところのp' 層7では金がニッ

6

ケルよりも高濃度に分布しているのが分かる。よって、金はニッケルの第1金属層81を通過して、p' 層7の深層部にまで達して、そこで、合金が形成されているのが分かる。

【0018】上記のような反転分布が生じる理由として、第1金属層の金属を第2金属層の金属に比べてイオン化ポテンシャルが低い元素とすることで、熱処理中に、第1金属層の元素が表面近くに移動し、その反作用として第2金属層の元素が3族窒化物半導体と合金化され半導体内に浸透すると考えられる。この結果、オーミック性の良い第2金属層の元素と3族窒化物半導体とが合金化される結果、この電極のオーミック性は良好となる。又、第1金属層の元素は第2金属層の元素よりも反応性が高く3族窒化物半導体と強固に接合する結果、この電極の接着強度が向上する。

【0019】上記の考察から、p伝導形3族窒化物半導体に対してオーミック性が良好な金属元素は仕事関数が大きな元素であるので、第2金属層の構成元素として、例えば、パラジウム(Pd)、金(Au)、イリジウム(Ir)、白金(Pt)の少なくとも1種の元素が用いられる。又、イオン化ポテンシャルが低い第1金属層の構成元素は、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、銅(Cu)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、バナジウム(V)、マンガン(Mn)、アルミニウム(Al)、銀(Ag)のうち少なくとも一種の元素を用いることができる。又、第1金属層に水素吸蔵機能のある金属を用いることで、下層の3族窒化物半導体から水素を吸収し、その結晶性を良好にすることもできる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な実施例にかかる発光素子の構造を示した断面図。

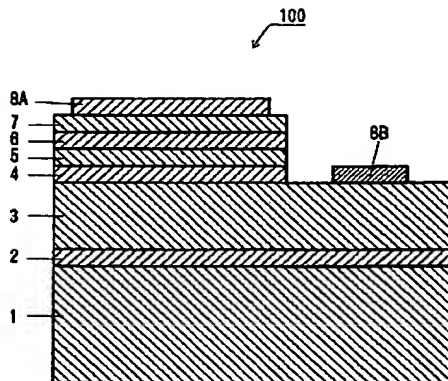
【図2】p' 層の表面層における電極の熱処理前と熱処理後の構造を模式的に示した断面図。

【図3】p' 層の表面層のオージェ電子分光分析の結果を示した測定図。

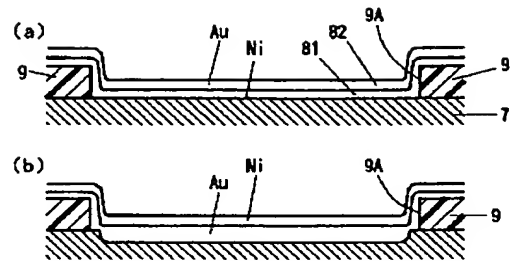
#### 【符号の説明】

100... GaN系半導体発光素子  
8A, 8B...電極  
4...n層  
5...活性層  
6...p層  
7...p'層  
9A...窓部

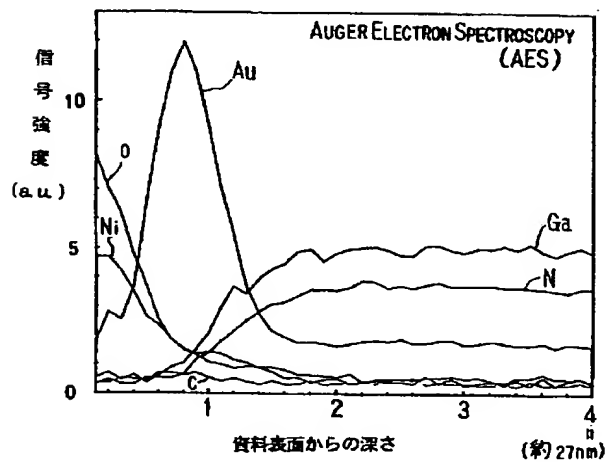
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 29/46

R

(72) 発明者 梅崎 潤一

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 浅井 誠

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 上村 俊也

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

(72) 発明者 小澤 隆弘

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 41 番  
地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 森 朋彦

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 41 番  
地の 1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 大脇 健史

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 41 番  
地の 1 株式会社豊田中央研究所内